スラッジ水中の固形分が硬化コンクリートの性能に及ぼす影響

佐賀大学　理工学部　正会員　○　山 内 直 利
〃　森 藤　勉
〃　正会員　石 橋 孝 治

1．はじめに

生コン工場で発生する生コンスラッジは産業廃棄物であり，大部分が多額の処理費を費やして管理型の埋め立て処理がなされている。既に再利用の先の一つとして，コンクリートの混和材としての利用の検討が行われ，フレッシュおよび硬化コンクリートの性能の変化や使用上の留意点等が報告されている。回収水（上澄水/スラッジ水）の練混ぜ水としての使用が普及しない現状を鑑み，本研究では JIA A 5308 付属書 9 の固形分率 3%規定を念頭に置いて，スラッジ水中の固形分の影響について検討を行った。

2．実験概要

セメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³）を，粗骨材はコンクリート用砕石 2005（密度 2.70g/cm³）を，細骨材は砕砂（密度 2.70g/cm³）を使用した。生コン工場で採取したスラッジケーキと懸濁回収水を混合攪拌し，スラリー状態で水槽中に約 1 ヶ月間放置し，セメントの未水和成分の影響の排除を図った。また, 放置期間中は注水と攪拌を繰り返し, 上澄み部からと水槽底部からそれぞれスラリーを採取し，骨材微粒分の混入の影響を区分した。これらスラリーをろ過し，固形分を乾燥後，すり鉢による粉砕処理を行ってスラッジ粉を製造した。以降，上澄み部のスラッジ粉（密度 2.17g/cm³）をスラッジ（記号 SL）と，水槽底部のスラッジ粉（密度 2.41g/cm³）を砂スラッジ（記号 SS）と便宜的に呼ぶこととする。

ベースコンクリートの配合仕様を，圧縮強度 30N/mm²，スランプ 12±2.5cm，空気量 4.5±1.5%とし，スラッジ粉の混入率としてセメント量に対する外割りで，2，5，10%の３水準を設定した。スラッジ粉は混和材としてでは無く，スラッジ水中の固形分として捉えているため，本研究では高い混入率は考慮していない。特に 5%の混入率の場合については，SL と SS について粉体としての使用（記号 P）とスラリー状での使用（スラッジ水使用を想定，記号 S）の２つの混入形態を設けた。リグニンスルホン酸化合物とポリオールの複合体を主成分とする AE 減水剤（標準型Ⅰ種）とアルキルエーテル系陰イオン界面活性剤を主成分とする AE 剤（Ⅰ種）を混和剤として使用し，スランプと空気量の調整はこれら混和剤の使用量を調整して行った。表－１にコンクリートの示方配合を示す。なお，この表はスラッジの外割り配合の調整と AE 減水剤使用による単位水量の調整を行ったものである。

表－１　コンクリートの示方配合表

配合記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³) W	C	S	G	混入率 ×C (%) F	CA1	CA2
ﾍﾞｰｽ	53.0	47.2	169	319	872	976	0	0.40	
SL-P-2	52.8	47.2	168	318	869	973	2	0.40	
SL-P-5	53.2	47.2	168	316	865	969	5	0.50	
SL-P-10	52.9	47.2	166	314	858	960	10	1.00	0.008
SL-S-5	53.2	47.2	168	316	865	968	5	0.55	
SS-P-5	53.2	47.2	168	316	866	969	5	0.60	
SS-S-5	53.2	47.2	168	316	866	969	5	0.60	

配合記号：(スラッジ粉) - (混入形態) - (混入率%)　　CA1：AE減水剤　　CA2：AE剤

硬化したコンクリートの性質に関しては，材齢７日と 28 日の圧縮強度と材齢 28 日の弾性係数および乾燥収縮ひずみを調べた。乾燥収縮ひずみは，JIS A 1129-3 のダイヤルゲージ方法を適用して計測した。環境条件は設備の関係で変動範囲を大きく取らざるを得ず，相対湿度 65±5%，室温 20±3℃を目標に管理した。

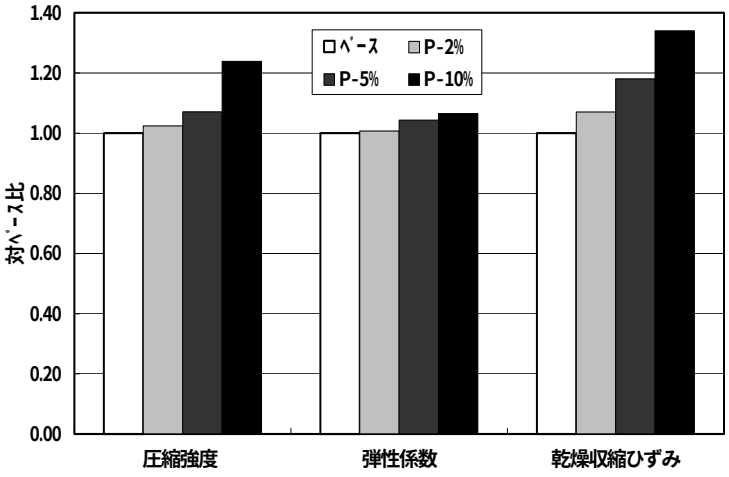
３．実験結果および考察

３.１ 配合調整について

表－１に示しているように，SL の P 使用においては混入率の増加に伴って粉体量が増加するため，スランプ調整に必要な AE 減水剤も増加している。混入率 5%における S 使用と P 使用では，S 使用の方が AE 減水剤が僅かに増加する傾向がうかがえる。S 使用時にはスラッジ粉は飽水状態にあり，練混ぜ水量が見掛け上減ぜられる様相になることによるものと考えられる。今回の配合では AE 剤量の調整は不要であった。

３.２ 混入率の増加の影響について

図－１は SL の P 使用の場合について，材齢 28 日の圧縮強度と弾性係数および乾燥開始 28 日目の乾燥収縮ひずみを，対ベースコンクリートとの比で表し整理したものである。ベースコンクリートの圧縮強度，弾性整数，乾燥収縮ひずみはそれぞれ 29.4 N/mm²，27.8ｋN/mm²，326μである。スラッジの混入率が大きくなるに伴って，圧縮強度，弾性係数，乾燥収縮ひずみが大きくなっている。小さい外割混入率で単位セメント量が大きく変化しないことや，スラッジの吸水による見掛けの単位水量減，フィラー効果が等が働いたものと考えられる。乾燥収縮ひずみに関しては，スラッジが吸水した水の乾燥に伴う消失が大きな収縮をもたらす原因であると考えられる。

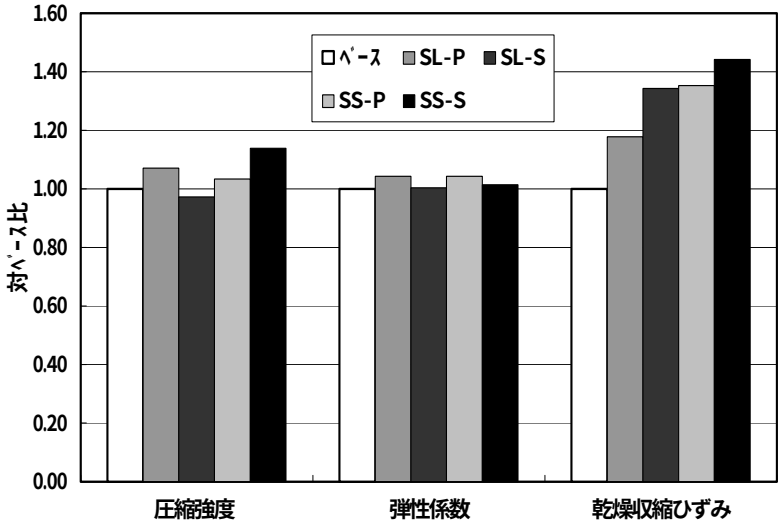


図－1　コンクリートの特性の変化（SL の P 使用）

３.３ S 使用と P 使用について

図－２は混入率 5%の S 使用と P 使用の場合について，図－１同様にコンクリートの特性の変化を整理したものである。SL の S 使用の圧縮強度が僅かに小さい値を示したが，圧縮強度と弾性係数に関しては使用形態と細骨材の微粒分の影響による著しい差は見受けられない。乾燥収縮ひずみに関しては，S 使用の方が P 使用よりも大きな値を示している。前述した様に S 使用ではスラッジ粉は飽水状態にあり，潜在的な消失水の量が多くなることによるものと考えられる。

SL と SS に関しては，SS の方が乾燥収縮ひずみが大きくなっている。密度の違いが示すように，SS 中に占める SL 成分の割合は少なくなる。配合表における単位水量にも大差はない。砕石粉の使用により乾燥収縮がやや大きくなるとの報告もあり，使用骨材に由来する微粒分の構成成分の関与も考えうる。回収水を練混ぜ水として使用するには SS 状態の固形分混入に注意を要することを示唆していると考えられる。



図－2　コンクリートの特性の変化（S と P 使用）

４．まとめ

乾燥収縮ひずみの値の評価に関しては 6 ヶ月程度の長期計測が必要である。固形分率 3%規定は厳しいようにも思われる。生コン工場での上澄水の採水過程の実態と固形分濃度を調査してみる予定である。

参考文献　日本材料学会編：コンクリート混和材料ハンドブック，NTS，2004